5Д

УДК 004.89

И.В. Дорохов, В.А. Плотников
Государственный университет информатики и искусственного интеллекта
г. Донецк, Украина

Разработка стенда для исследования процесса поиска неподвижных и подвижных биологических объектов при помощи микроволнового излучения

В статье рассматривается проблема обнаружения биологических объектов в завалах. Авторы подробно останавливаются на вопросах создания стенда для проведения экспериментов и моделирования ситуаций, связанных с поиском пострадавших на местах катастроф, при помощи микроволновых сенсоров. Затронуты проблемы, связанные с симуляцией работы органов человека.

Проблема зондирования завалов, образовавшихся в результате аварий и стихийных бедствий, с целью обнаружения в них пострадавших с признаками жизни является приоритетной задачей при проведении поисково-спасательных мероприятий. Но эффективность поиска ограничена тем, что внешних признаков, по которым можно обнаружить человека под толщей обломков, практически нет. А учитывая то, что на месте катастрофы часто возникают пожары, высокая зашумленность и запыленность окружающей среды, обнаружение людей при помощи специальных поисковых собак, инфракрасного излучения или акустических датчиков весьма затруднительно. Однако существует еще один вид излучения, способный проникать сквозь толщи завалов, – это радиоизлучение. На его основе разработаны разнообразные устройства, которые используют принцип работы радиоволнового интерферометра с использованием канала компенсации, для выделения промоделированной части отраженного сигнала, соответствующей частоте пульса или дыхания человека. Эти устройства позволяют бесконтактно определить факт наличия биологического объекта под толщей завала и даже оценить его основные показатели жизнедеятельности. Основными ограничениями использования подобных систем обнаружения являются невозможность селекции зоны поиска по дальности, а также их высокая чувствительность к присутствию оператора, работающего с прибором. Для решения данных проблем нужно получить большое количество экспериментальных данных. Однако для каждого очередного опыта приглашать живого человека является затруднительным. А моделировать ситуации, при которых у него нарушена деятельность сердца или затруднено дыхание, вследствие недостатка кислорода или давления обломков, вообще невозможно.

Постановка задачи. Решаемая задача – разработка стенда для проведения экспериментов по поиску подвижных и неподвижных биологических объектов. Работа нацелена на упрощение и частичную автоматизацию процесса моделирования различных ситуаций, связанных с активным зондированием завалов, возникших вследствие катастроф и стихийных бедствий. Разработка блоков симуляции органов человека позволяет воссоздать те ситуации, при которых у человека нарушена деятельность сердца или дыхательного аппарата по причине недостатка кислорода или давления обломков на тело, влияния стрессовых ситуаций.

Целью данной статьи является описание основных блоков и принципов работы экспериментального стенда для моделирования различных ситуаций, возникающих при выявлении людей в завалах, при помощи микроволновых сенсоров.

Основные понятия

Работа систем выявления подвижных и неподвижных биологических объектов при помощи микроволновых сенсоров основывается на эффекте Доплера – изменении частоты и длины волн, регистрируемых приёмником, что вызвано движением их источника и/или движением приёмника. Сущность явления заключается в том, что если источник волн движется относительно среды, то расстояние между гребнями волн (длина волны) зависит от скорости и направления движения. Если источник движется по направлению к приёмнику, то есть догоняет испускаемые им волны, то длина волны уменьшается. Если удаляется – длина волны увеличивается. Частота, регистрируемая неподвижным приёмником [1]:

$$f = \frac{c}{\lambda} = f_0 \frac{1}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}, \tag{1}$$

где f_0 – частота, с которой источник испускает волны, c – скорость распространения волн в среде, v – скорость источника волн относительно среды (положительная, если источник приближается к приёмнику, и отрицательная, если удаляется).

Аналогично, если приёмник движется навстречу волнам, он регистрирует их гребни чаще, и наоборот. Для неподвижного источника и движущегося приёмника [1]:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{u}{c}\right), \tag{2}$$

где u – скорость приёмника относительно среды (положительная, если он движется по направлению к источнику).

Подставив значение частоты из формулы (1) в формулу (2), получим формулу для общего случая [2]:

$$f = f_0 \frac{\left(1 + \frac{u}{c}\right)}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}. \tag{3}$$

При использовании эффекта Доплера появляется возможность находить даже неподвижные биологические объекты. Смещение волн будет происходить из-за работы сердца, легких и других внутренних органов. Оценивая изменения длины и частоты отраженных волн, можно бесконтактно измерять пульс и дыхание человека.

Микроволновые сенсоры

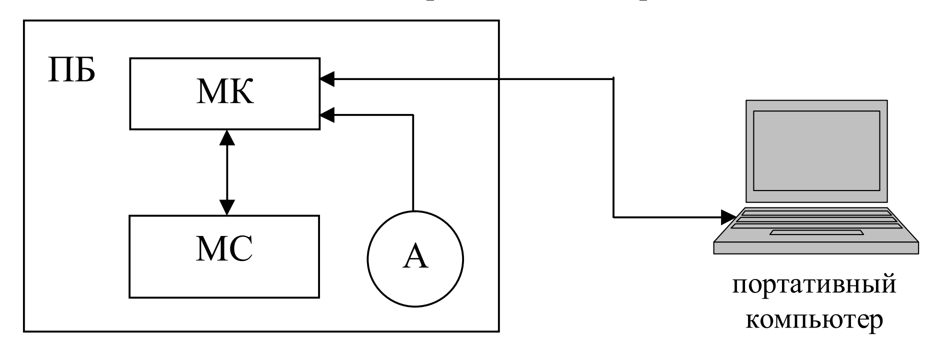
Для того чтобы воспользоваться эффектом Доплера, нужен приемник и излучатель волн. Для активного метода обнаружения биологических объектов как нельзя лучше подходят микроволновые сенсоры. Они излучают в окружающую среду электромагнитное поле СВЧ диапазона, а потом регистрируют промодулированный отраженный сигнал. Современные микроволновые сенсоры содержат следующие элементы [3]:

– маломощный СВЧ-генератор, работающий на частоте от 2,5 ГГц;
– антенный блок приема сигналов;
– схему усиления и фильтрации;
– схему формирования пороговых зон срабатывания;
– выходные транзисторы.

Сенсоры различных производителей, присутствующие сейчас в продаже, можно разделить на аналоговые и цифровые. Главное отличие последних – это кратковременное импульсное включение генератора импульсов, что резко снижает ток потребления и увеличивает стабильность работы сенсора. Цифровая фильтрация и логическая обработка сигнала делает такие сенсоры более «умными» и способными к самонастройке. Наличие микропроцессора в их составе позволяет организовать цифровую линию обмена данными между сенсором и центральным блоком системы [3].

Структура экспериментального стенда

Структурная схема стенда для исследования процесса поиска подвижных и неподвижных биологических объектов представлена на рис. 1.



Заменяемая преграда

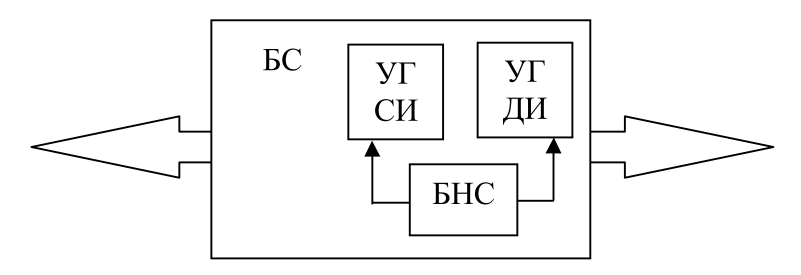


Рисунок 1 – Структурная схема экспериментального стенда

Структурная схема стенда состоит из следующих основных элементов:
1. Портативный компьютер.
2. Заменяемая преграда.
3. ПБ – приборный блок:
а) МК – микроконтроллер;
б) МС – массив сенсоров;
в) А – двухосный акселерометр.

4. БС – блок симуляции:

а) УГСИ – устройство генерирования сердечных импульсов;

б) УГДИ – устройство генерирования дыхательных импульсов;

в) БНС – блок настройки симуляции.

Принцип работы системы заключается в следующем. Вначале проводится моделирование нужной ситуации на стенде. Для этого устанавливают блок «преграда» из нужного материала. После, при помощи БНС, проводят настройку движения, симуляции дыхательных и сердечных импульсов на блоке симуляции. При помощи компьютера задается нужная программа для управляющего микроконтроллера МК. На основе данной программы МК задает нужные параметры сканирования для массива сенсоров. Полученные данные из МС снова обрабатываются микроконтроллером и вносятся поправки изменения местоположения приборного блока в пространстве при помощи акселерометра. Конечные расчеты выполняются на компьютере, и на их основе вносятся поправки в работу системы.

Для корректной работы системы устройства генерирования сердечных и дыхательных импульсов должны быть максимально похожими для микроволн на человеческие органы. Для симуляции работы сердца была предложена система, блок-схема которой представлена на рис. 2.

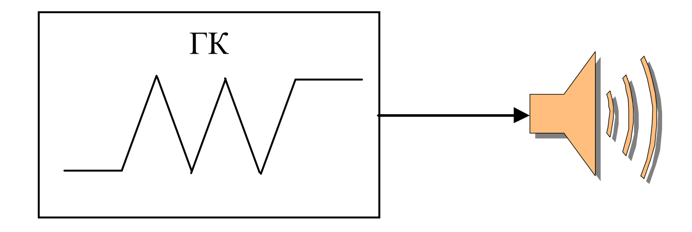


Рисунок 2 – Принцип работы блока УГСИ

Так как для эффекта Доплера важно лишь движение объекта [2], полагается поступить следующим образом. Был взят генератор колебаний ГК. К нему был присоединен динамик. Таким образом, выставляя нужные значения на генераторе колебаний, можно получить физические колебания мембраны динамика. Такая схема позволяет промоделировать различные режимы биения сердца с высокой точностью.

Практически аналогичным способом представлена работа блока симуляции дыхания, показанная на рис. 3.

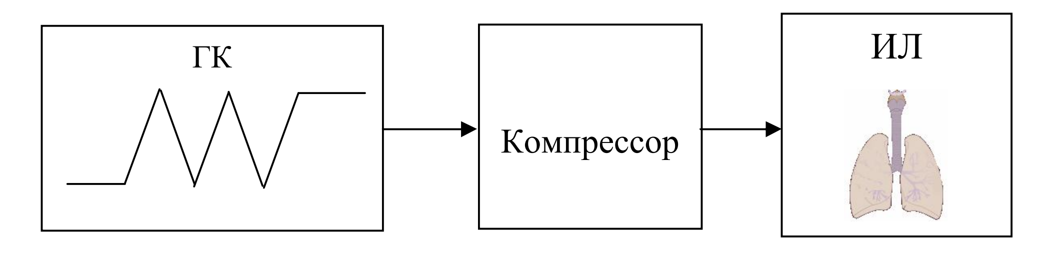


Рисунок 3 – Принцип работы блока УГДИ

Был добавлен воздушный компрессор и блок «искусственные легкие» – ИЛ, представляющий собой кожаные мешки, подключенные к компрессору. В зависимости от генерируемых ГК колебаний, можно симулировать различные виды дыхания человека.

Выводы

Предлагается конструкция стенда для проведения исследований в области поиска подвижных и неподвижных биологических объектов. Стенд позволяет моделировать не только окружающую исследуемый объект обстановку, но и задавать разнообразные характеристики движения объекта, показателей его жизнедеятельности. Предложены простые и надежные симуляторы работы сердца и дыхательного аппарата человека, позволяющие автоматизировать сбор экспериментальных данных. На основе данной установки можно разработать новые и усовершенствовать старые методы обнаружения людей под завалами, и на их фундаменте спроектировать систему активного зондирования на местах катастроф и стихийных бедствий.

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. Волны / И.В. Савельев. – [3-е изд., испр.]. – М. : Наука, 1988. – 496 с.
2. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования / У.Г. Рис. – М. : Техносфера, 2006. – 336 с.
3. Цифоровые и аналоговые микроволновые датчики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.excellent.ru/index.php?an=hb_mw

І.В. Дорохов, В.О. Плотніков

Розробка стенда для дослідження процесу пошуку нерухомих і рухомих біологічних об’єктів за допомогою мікрохвильового випромінювання

У статті розглядається проблема виявлення біологічних об’єктів у завалах. Автори докладно зупиняються на питаннях створення стенда для проведення експериментів і моделювання ситуацій, пов’язаних з пошуком потерпілих на місцях катастроф, за допомогою мікрохвильових сенсорів. Порушено питання, пов’язані зі симуляцією роботи органів людини.

I.V. Dorokhov, V.A. Plotnikov

Development of the Stand for the Study of the Search for Fixed and Mobile Biological Objects by Means of Microwave Radiation

The article considers the problem of detection of biological objects in the rubble. Authors dwell on building a booth for the experiments and simulations related to the search for victims at the crash site, using microwave sensors. The problems associated with simulation of the human body are touched.

Статья поступила в редакцию 11.06.2009.